

PERENCANAAN SISTEM PROTEKSI PETIR MASJID RAYA MUJAHIDIN MENGGUNAKAN METODE BOLA BERGULIR (*ROLLING SPHERE METHOD*)

Zainal Hakim¹⁾, Ir. Danial, MT²⁾, Managam Rajagukguk, ST, MT³⁾

¹⁾Mahasiswa dan ^{2,3)}Dosen Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Email : zainal.hakim292@gmail.com

Abstrak

Masjid Raya Mujahidin memiliki struktur bangunan yang tinggi, dimana 4 buah tower masing-masing memiliki tinggi ± 62 meter dan kubah yang berada di tengah dengan tinggi ± 40 meter. Mengingat hari guruh di wilayah Kota Pontianak yang sangat tinggi yaitu 219 hari/tahun, maka Masjid Raya Mujahidin sangat rentan akan sambaran petir. Oleh karena itu untuk menghindari dampak dari sambaran petir, Masjid Raya Mujahidin sangat perlu dipasang proteksi petir eksternal. Metode yang digunakan dalam penentuan proteksi petir adalah metode bola bergulir (*Rolling Sphere Method*), karena Masjid Raya Mujahidin memiliki bentuk struktur bangunan yang rumit. Masjid Raya Mujahidin memiliki tingkat proteksi petir level 1 dengan radius perlindungan sebesar 20 meter dan mampu memproteksi arus petir sampai 3 kA. Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan bola bergulir pada sistem penangkap petir konvensional, maka jumlah *finial* yang digunakan sebanyak 5 buah dengan tinggi 2 meter dan penampang konduktor penyalur yang digunakan adalah kabel BC 50 mm². Sistem pembumian yang digunakan adalah *Single Rod Grounding* dengan panjang batang pembumian 6 meter dan dengan resistansi 0,6 – 1,2 Ohm.

Kata Kunci : Masjid Raya Mujahidin, Proteksi Petir Eksternal, Metode Bola Bergulir.

Abstract

The Mosque of Mujahidin has high and complicated structures, where the 4 pieces of each tower has a height of approximately 62 meters and a dome that sits in the middle with a height of approximately 40 meters above ground. Recall the thunder days in Pontianak is very high, 219 days/year, then the Mujahidin very vulnerable to lightning strikes. In order to avoid the effects of lightning strikes, mosque of Mujahidin is necessary to install external lightning protection. The method used in determination of lightning protection is Rolling Sphere Method. The Mujahidin has lightning protection level 1 with a radius of 20 meters and capable of protecting the lightning current up to 3 kA. After simulation by using the rolling sphere on the conventional lightning protection, the number of lightning rod needed are 5 pieces with a height of 2 metres and a cross-section of the conductor cable used are about 50 mm² of BC. Grounding rod is used for every towers and dome and measurement shows that the resistance is about 0.6 – 1.2 ohm.

Keyword : The Mosque of Mujahidin, External Lightning Protection, Rolling Sphere Method.

1. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia terletak pada daerah khatulistiwa dengan iklim tropis dan kelembaban yang tinggi, hal ini menyebabkan Indonesia termasuk sebagai wilayah yang memiliki hari guruh per tahun (*thunderstorm day*) yang tinggi dan mempunyai kerapatan sambaran petir yang banyak sehingga memungkinkan banyak terjadi bahaya yang timbul akibat sambaran petir.

Kerusakan yang ditimbulkan oleh sambaran petir dapat membahayakan peralatan serta manusia yang berada di dalam gedung tersebut. Untuk menghindari bahaya dari

petir maka sebuah bangunan struktur yang tinggi harus memiliki suatu proteksi petir agar dapat melindungi semua bagian pada bangunan tersebut, termasuk manusia dan peralatan yang ada didalamnya. Efek gangguan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tingginya bangunan tersebut. Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan dari sambaran petir maka perlu dipasang proteksi petir pada bangunan gedung.

Kebutuhan bangunan akan proteksi petir ditentukan dengan cara klasifikasi area tempat bangunan atau

dengan perhitungan menggunakan parameter hari guruh dan koefisien N_g , N_d dan N_e .

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Implus Petir

Petir terjadi karena adanya beda potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Proses terjadinya muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir.

2.2 Parameter Petir

Parameter petir menyatakan karakteristik atau penggambaran petir itu sendiri. Parameter-parameter tersebut antara lain : bentuk gelombang arus petir, kerapatan sambaran, arus puncak, kecuraman gelombang atau *steepness*.

a. Bentuk gelombang arus petir

Bentuk gelombang arus petir ini menggambarkan besar arus, kecuraman (kenaikan arus), serta lamanya kejadian (durasi gelombang), dinyatakan oleh waktu ekor

b. Kerapatan sambaran petir (N_g).

Parameter ini menyatakan banyaknya aktifitas petir atau sambaran petir ke bumi dalam rentang satu tahun di suatu wilayah, dinyatakan dalam sambaran per km² per tahun. Jumlah sambaran kilat ini sebanding dengan jumlah hari guruh per tahun atau biasa disebut *Iso Kerounic Level* (*IKL*).

c. Arus puncak (I_{max})

Parameter arus petir puncak ini menentukan jatuh tegangan resistif pada tahanan pembumian dan tahanan peralatan yang terkena sambaran. Biasanya, nilai arus puncak ini yang digunakan dalam menyatakan suatu gelombang impuls petir, bersama-sama dengan dua besaran gelombang sebelumnya yaitu waktu muka (t_f) dan waktu ekor (t_r).

d. Kecuraman gelombang (*Steepness*)

Parameter ini menyatakan kecepatan kenaikan arus petir dalam setiap satuan waktu (di/dt). Semakin besar nilai arus dalam setiap satuan waktu, berarti semakin curam bentuk gelombang arusnya dan semakin pendek durasi muka gelombang (*front duration*).

2.3 Hari Guruh

Hari Guruh adalah banyaknya hari dimana terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 Km dari stasiun pengamatan. Hari guruh

yang tinggi memungkinkan banyak terjadi bahaya dan kecelakaan akibat sambaran petir.

Dari tabel 2.1 dapat dilihat bahwa hari guruh rata-rata per tahun di beberapa kota di Kalimantan.

Tabel 2.1 : Hari Guruh rata-rata per tahun dan IKL di beberapa kota di Kalimantan

Lokasi	Hari Guruh rata-rata per tahun	IKL (<i>Isokeraunik level</i>)	Tingkat Kerawanan Petir
Balikpapan	227	62.10	Tinggi
Banjarmasin	85	23.18	Rendah
Kotabaru	58	15.89	Rendah
Nangah Pinoh	112	30.82	Sedang
Paloh	188	51.56	Tinggi
Pangkalan Bun	237	65.04	Tinggi
Palangkaraya	298	81.68	Tinggi
Pontianak	219	60.00	Tinggi
Putussibau	169	46.30	Sedang
Samarinda	172	47.06	Sedang
Tanjung Selor	88	24.20	Rendah

Sumber : BSN, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SNI 03-7015-2004

Petir yang terjadi memiliki intensitas sambaran yang harus selalu diamati setiap periode untuk dapat memperkirakan faktor resiko sambaran pada suatu wilayah, sehingga dapat diperkirakan kebutuhan bangunan akan proteksi petir. Adapun hal-hal yang diperlukan didalam memperkirakan faktor resiko sambaran adalah :

1. IKL (*Isokeraunik Level*) : jumlah hari sambaran per tahun
2. *Lighting Strike Rate* : jumlah sambaran ke tanah per Km² per tahun.

Lightning strike rate / curah petir menentukan tingkat bahaya sambaran pada suatu wilayah dan besarnya ditentukan oleh *isokeraunik level*.

3. Metode Perlindungan Menggunakan *Rolling Sphere*

3.1 Sistem Proteksi Petir (SPP) Eksternal

Proteksi eksternal adalah instalasi dan alat-alat di luar suatu struktur bangunan untuk menangkap dan menghantarkan arus petir ke sistem pembumian. Fungsi dari suatu sistem proteksi petir adalah menangkap sambaran petir serta menyalurkan arus petir ke dalam tanah dengan aman. Jadi sistem proteksi petir eksternal yang sering digunakan terdiri dari tiga bagian yaitu *air terminal*, *down conductor*, dan *grounding system*.

a. *Air terminal*

Air Terminal atau terminasi udara merupakan bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang bertujuan untuk menangkap kilatan petir. Adapun ukuran minimum bahan SPP (Sistem Penangkap Petir) yang dipakai di dalam standar ini untuk penggunaan terminasi udara adalah dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut :

Tingkat Proteksi	Bahan	Terminasi udara
I sampai IV	Cu	35
	Al	70
	Fe	50

Sumber : BSN, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SNI 03-7015-2004

b. *Down conductor*

Down conductor atau konduktor penyalur adalah bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang dimaksudkan untuk melewati arus petir dari sistem terminasi udara ke sistem pembumian. Adapun ukuran minimum bahan SPP dipakai di dalam standar ini untuk penggunaan konduktor penyalur adalah dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

Tingkat Proteksi	Bahan	Konduktor Penyalur (mm ²)
I sampai IV	Cu	35
	Al	70
	Fe	50

Sumber : BSN, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SNI 03-7015-2004

c. *Grounding system*

grounding system atau sistem terminasi bumi yaitu bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari petir ke tanah.

Kelayakan grounding atau pembumian harus bisa mendapatkan nilai tahanan sebaran maksimal 5 Ohm (bila dibawah 5 Ohm lebih baik) dengan menggunakan Ohm meter khusus (*Earth Tester Meter*). Untuk mendapatkan nilai tahanan sebaran grounding dibawah 5 Ohm tidak semua areal bisa dengan mudah memenuhi nilai grounding yang diinginkan, tergantung oleh berbagai macam faktor yang mempengaruhinya, misalnya :

- Kadar Air

Bila air tanah dangkal / penghujan maka nilai tahanan sebaran mudah didapatkan sebab sela-sela tanah mengandung air bahkan berlebih, sehingga konduktifitas tanah semakin baik

- Mineral

Kandungan mineral tanah sangat mempengaruhi tahanan karena semakin berlogam dan bermineral tinggi maka tanah semakin mudah menghantarkan listrik.

- Tekstur tanah

Untuk daerah yang bertekstur pasir akan sulit mendapatkan tahanan sebaran yang baik karena untuk

jenis tanah ini air dan mineral akan mudah hanyut dan tanah mudah kering.

Melihat karakteristik tanah sebagaimana di atas maka sistem terminasi bumi perlu dirancang sedemikian rupa sehingga memperkecil tegangan sentuh dan tegangan langkah sehingga aman bagi manusia dan peralatan yang terdapat di sekitar daerah yang di proteksi. Ada berbagai teknis pembuatan grounding yang bisa dipakai :

- Single Rod Grounding

Grounding yang hanya terdiri dari satu buah titik penancapan stik rod arus pelepas di dalam tanah dengan kedalaman tertentu. Untuk daerah yang memiliki karakteristik tanah yang konduktif tentu mudah untuk didapatkan tahanan sebaran tanah dibawah 5 Ohm hanya dengan satu buah rod.

- Pararel Rod Graounding

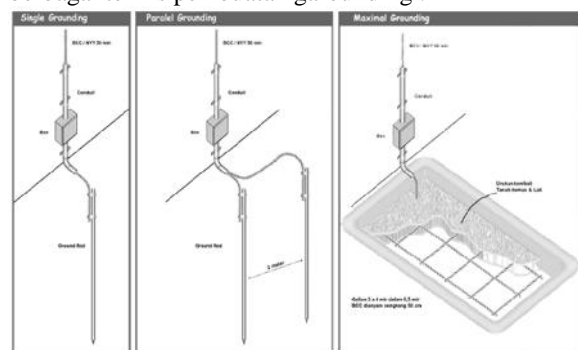
Grounding system pararel menjadi tindakan alternatif bila single masih mendapatkan hasil yang kurang baik, maka perlu ditambahkan stik arus pelepas dengan minimal jarak antar stik 2 meter dari ground sebelumnya dan di sambung ke ground baru disebelahnya, hal ini dilakukan berulang sampai menghasilkan nilai tahanan tanah yang diinginkan.

- Multi Grounding System

Bila didapati kondisi tanah yang memiliki ciri :

1. Kering/air tanah dalam
2. Kandungan logam sedikit
3. Basa (berkapur)
4. Pasir dan Porous

Maka penggunaan 2 cara sebelumnya akan susah dan bisa gagal untuk mendapatkan resistansi kecil, maka teknis yang digunakan dengan cara penggantian tanah yang mempunyai sifat air atau tanah yang kandungan mineral garam dapat menghantarkan listrik dengan baik, pada daerah titik logam rod ground yang ditancapkan dan di kisaran kabel penghubung antar ground nya. Tanah humus, tanah dari kotoran ternak, tanah liat sawah cukup bisa memenuhi standart hantar tanah yang baik. Berikut adalah contoh gambar berbagai teknis pembuatan garounding :



Sumber : www.zonapetir.com

Gambar 3.1 : berbagai teknis pembuatan grounding

Adapun ukuran minimum bahan SPP yang dipakai di dalam standar ini untuk terminasi bumi adalah dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut :

Tingkat Proteksi	Bahan	Konduktor Penyalur (mm ²)
I sampai IV	Cu	50
	Al	-
	Fe	80

Sumber : BSN, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SNI 03-7015-2004

3.2 Besarnya Kebutuhan Bangunan Akan Sistem Proteksi Petir

Instalasi-instalasi bangunan yang berdasarkan letak, bentuk, penggunaannya dianggap mudah terkena sambaran dan perlu diberi penangkal petir adalah :

1. Bangunan-bangunan tinggi, seperti menara-menara, gedung-gedung bertingkat, cerobong-cerobong pabrik.
2. Bangunan-bangunan penyimpanan bahan mudah terbakar atau meledak misalnya seperti pabrik amunisi, gudang penyimpanan bahan peledak, gudang penyimpanan cairan atau gas yang mudah terbakar, dan lain-lain.
3. Bangunan-bangunan untuk umum, misalnya gedung tempat ibadah, gedung pertunjukan, gedung sekolah, stasiun, dan lain-lain.
4. Bangunan-bangunan yang berdasarkan fungsi khusus perlu dilindungi secara baik, misalnya museum, gedung arsip Negara, dan lain-lain.

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) besarnya kebutuhan kebutuhan tersebut dapat ditentukan secara empiris berdasarkan indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor tertentu. sehingga didapat perkiraan bahaya akibat sambaran petir (R) adalah :

$$R = A + B + C + D + E \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana

- A : Bahaya berdasarkan jenis bangunan
 B : Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan
 C : Bahaya berdasarkan tinggi bangunan
 D : Bahaya berdasarkan situasi bangunan
 E : Bahaya berdasarkan hari guruh yang terjadi

Jika nilai $R > 12$, maka bangunan tersebut dianjurkan menggunakan sistem proteksi petir.

Berdasarkan Badan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004), kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada dinyatakan sebagai ⁶⁾ :

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25} / km^2 / tahun \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana T_d adalah jumlah hari guruh per tahun yang diperoleh dari data isokeraunic level di daerah tempat struktur yang akan di proteksi yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).

Frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung (N_d) ke bangunan dapat dihitung ⁶⁾ :

$$N_d = N_g \times A_e 10^{-6} / tahun \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana A_e adalah area cakupan ekivalen dari bangunan (m²) yaitu daerah permukaan tanah yang dianggap sebagai struktur yang mempunyai frekuensi sambaran langsung tahunan. Adapun area cakupan ekivalen (A_e) tersebut dapat di hitung berdasarkan persamaan di bawah ini ⁶⁾ :

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9h^2 \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

- a : panjang bangunan (m)
 b : lebar bangunan (m)
 h : tinggi bangunan (m)

Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_e dilakukan sebagai berikut ⁶⁾ :

- a. Jika $N_d \leq N_e$ tidak perlu sistem proteksi
- b. Jika $N_d > N_e$ diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi :

$$E = 1 - N_e / N_d \dots\dots\dots (3.5)$$

Maka setelah di hitung nilai E (Efisiensi Sistem Proteksi Petir), setelah itu dapat ditentukan tingkat proteksinya sesuai dengan tingkat tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.4. Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Sumber : BSN, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SNI 03-7015-2004

Setelah diketahui tingkat proteksi, maka dapat ditentukan sudut proteksi (α) dari penempatan suatu terminasi udara, radius bola yang dipakai, maupun ukuran jala (konduktor horizontal) sesuai dengan tabel 3.5 di bawah ini :

Tabel 3.5 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi

Tingkat proteksi (protection level)	h (m) R(m)	20	30	45	60	Lebar mata jala (m)
		o	o	o	o	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

Sumber : BSN, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SNI 03-7015-2004

Tabel 3.6 Nilai minimum parameter petir serta kaitannya dengan radius bola bergulir menurut LPL.

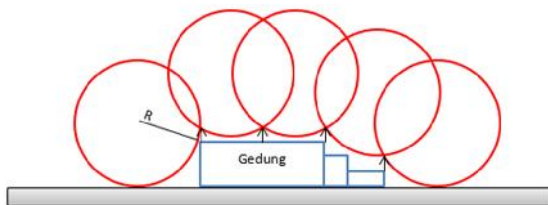
Interception criteria			Lighting Protection Level (LPL)			
	Symbol	Unit	I	II	III	IV
Minimum peak current	I	kA	3	5	10	16
Rolling sphere radius	R	m	20	30	45	60

Sumber : IEC 62305, *Protection Against Lightning-part 1: general principles*

3.3 Metode Bola Bergulir

Konsep mengenai daerah perlindungan dengan penyelesaian geometri sederhana telah dilakukan oleh **Franklin** (1767) dimana petir akan menyambar suatu penangkap petir dari titik tertentu bila jarak tersebut dengan titik penangkap petir merupakan jarak terpendek. Konsep pemikiran **Franklin** mengenai jarak sambaran kemudian berkembang lagi dengan pengertian jarak sambaran hingga saat ini adalah jarak antara objek yang akan disambar dengan ujung lidah petir yang bergerak ke bawah dimana pada saat itu kuat medan tembus udara antara lidah petir dengan bumi telah tercapai. Jarak sambaran inilah yang nantinya menentukan besarnya perlindungan yang dihasilkan.

Dari konsep pendekatan geometri di atas maka dikembangkan suatu model daerah perlindungan yang dinamakan bola menggelinding. Metode bola bergulir dapat diumpamakan suatu proses penyambaran, karena metode ini didasari pada asumsi bahwa tidak ada petir yang dapat menyambar semua titik yang berada diluar jika jarak orientasinya lebih besar dari pada radius tetap dari bola tersebut.



Gambar 3.2 Prinsip dari Metode Bola Bergulir

Metode bola bergulir lebih baik jika digunakan pada bangunan yang betuknya rumit. Pada gambar diatas, bola dengan radius R digulirkan sekeliling dan diatas bangunan/gedung hingga bertemu dengan bidang tanah atau objek yang berhubungan dengan bidang bumi yang mampu bekerja sebagai konduktor petir.

4. Analisa

Data masukan yang dapat dipakai untuk mengetahui perlu tidaknya proteksi petir bagi bangunan Mesjid Raya Mujahidin adalah :

Tinggi menara : ± 62 meter
Tinggi kubah : ± 40 meter

Panjang bangunan : ± 60 meter

Lebar bangunan : ± 60 meter

Hari guruh berdasarkan tabel II.1 hari guruh rata-rata per tahun dan IKL di beberapa kota di Kalimantan, Kota Pontianak : 219 hari guruh per tahun dan frekuensi sambaran petir yang diperbolehkan pada bangunan adalah 10^{-1} /tahun.

4.1 Penentuan Kebutuhan Bangunan Akan Proteksi Petir

- Indeks A : 3
- Indeks B : 1
- Indeks C : 7
- Indeks D : 0
- Indeks E : 7

Maka didapatkan indeks perkiraan bahaya sambaran petir (R) adalah :

$$R = A + B + C + D + E$$

$$R = 3 + 1 + 7 + 0 + 7$$

$$R = 18$$

4.2 Penentuan Tingkat Proteksi

- 1 Menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (N_g).

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25} / km^2 / tahun$$

$$N_g = 0,04 \times 219^{1,25}$$

$$N_g = 33,6988 / km^2 / tahun$$

- 2 Menghitung area cakupan ekivalen pada sisi tower Masjid.

Area cakupan ekivalen untuk Masjid Raya Mujahidin yang mempunyai Tinggi (h) 62 meter, Panjang (a) 5 meter dan Lebar (b) 5 meter dapat dihitung berdasarkan rumus (3.4) yaitu :

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9h^2$$

$$A_e = (5 \times 5) + 6 \times 62(5 + 5) + 9 \times (62)^2$$

$$A_e = 112431,5394 m^2$$

- 3 Menghitung frekuensi sambaran petir langsung (N_d) yang diperkirakan pada sisi tower Masjid.

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} / tahun$$

$$N_d = 33,6988 \times 112431,5394 \times 10^{-6} / tahun$$

$$N_d = 3,79 / tahun$$

- 4 Menentukan efisiensi SPP pada sisi Tower Masjid

$$E = 1 - N_c / N_d$$

$$E = 1 - 0,1 / 3,79$$

$$E = 0,97$$

Setelah menghitung salah satu tower pada Masjid, kemudian dilanjutkan pada sisi kubah Masjid.

- 5 Menghitung area cakupan ekivalen pada sisi Kubah Masjid

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9h^2$$

$$A_e = (60 \times 60) + 6 \times 40(60 + 60) + 9 \times (40)^2$$

$$A_e = 77638,93421 m^2$$

- 6 Menghitung frekuensi sambaran petir langsung (N_d) yang diperkirakan pada sisi kubah Masjid

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} / tahun$$

$$N_d = 33,6988 \times 77638,93421 \times 10^{-6} / tahun$$

$$N_d = 2,61 / tahun$$

- 7 Menentukan efisiensi SPP pada sisi Kubah Masjid

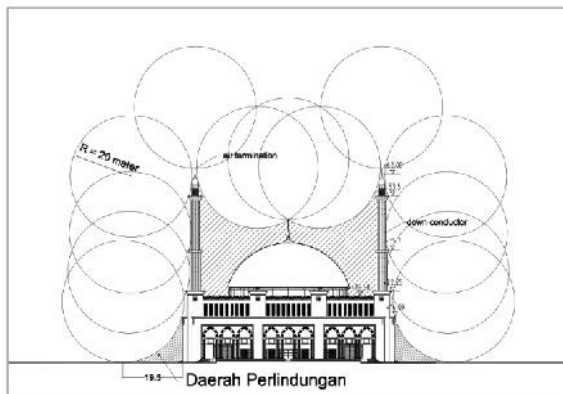
$$E = 1 - N_c / N_d$$

$$E = 1 - 0,1 / 2,61$$

$$E = 0,96$$

Telah didapat bahwa sisi tower dan kubah pada bangunan Masjid Raya Mujahidin mempunyai efisiensi 0,97 dan 0,96. Setelah mendapatkan level proteksi pada sisi tower dan kubah Masjid, maka langkah selanjutnya adalah menentukan radius bola yang akan digunakan. Berdasarkan dari tabel 3.5. untuk tingkat proteksi level I maka radius bola yang akan digunakan adalah 20 meter.

Untuk pemasangan konduktor penyalur pada sisi luar tower adalah dari ketinggian 62 meter hingga ketinggian 14 meter harus berada diluar bangunan dan dari ketinggian 14 meter hingga ke ground boleh dipasang di dalam bangunan masjid, karena pada ketinggian tersebut sudah termasuk ke dalam zona perlindungan.



Gambar 4.1. Daerah perlindungan Masjid Raya Mujahidin dengan menggunakan metode bola bergulir.

4.3 Terminasi Udara (Air Terminal)

Telah diketahui bahwa tingkat proteksi pada bangunan Masjid Raya Mujahidin adalah tingkat I dan menggunakan radius bola sebesar 20 meter. Maka untuk bahan yang digunakan adalah tembaga (Cu) 35 mm².

4.4 Konduktor Penyalur (Down Conductor)

Jarak konduktor penyalur dengan dinding atau tiang sebaiknya 0,1 meter untuk mengurangi induksi elektromagnetik yang terjadi saat terjadi sambaran petir.

Dalam penentuan bahan konduktor penyalur tersebut, sudah ditetapkan pada tabel 3.2. maka bahan yang dipilih adalah tembaga (Cu) 35 mm².

4.5 Sistem Pentanahan (Grounding System)

Untuk mengetahui kelayakan grounding atau pembumian dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Earth Tester Meter* (*Kyoritsu* model 4102). Berikut adalah hasil pengukuran tahanan sebaran di areal Masjid Raya Mujahidin:

$$1. \text{ Kubah} = \pm 1,2 \text{ (Ohm)}$$

$$2. \text{ Tower (1) satu} = \pm 1 \text{ (Ohm)}$$

$$3. \text{ Tower (2) dua} = \pm 0,8 \text{ (Ohm)}$$

$$4. \text{ Tower (3) tiga} = \pm 0,8 \text{ (Ohm)}$$

$$5. \text{ Tower (4) empat} = \pm 0,6 \text{ (Ohm)}$$

dari hasil pengukuran tersebut, bisa disimpulkan bahwa tahanan sebaran atau resistansi pada lokasi Masjid Raya Mujahidin berkisar 0,6 – 1,2 (Ohm), maka dari itu teknis pembuatan grounding yang bisa dipakai adalah *Single Rod Grounding*.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan untuk perencanaan proteksi petir eksternal pada bangunan Masjid Raya Mujahidin adalah sebagai berikut:

1. Seperti yang telah diketahui bahwa Masjid Raya Mujahidin memiliki struktur bangunan yang cukup tinggi (62 meter) di wilayah Kota Pontianak dan berdasarkan data dari SNI 03-7015-2004 bahwa untuk wilayah Kota Pontianak memiliki hari guruh yang sangat tinggi (219 hari) maka dari itu perlu adanya proteksi petir untuk mengurangi dampak dari sambaran petir tersebut.
2. Berdasarkan tabel indeks PUIPP bahwa Masjid Raya Mujahidin sangat rentan akan sambaran petir, sehingga proteksi petir eksternal sangat diperlukan pada bangunan ini.
3. Masjid Raya Mujahidin memiliki struktur bangunan yang cukup rumit, maka dari itu metode yang tepat dalam menentukan proteksi petir tersebut adalah metode bola bergulir (*Rolling Sphere Method*).
4. Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan metode bola bergulir dan teknik proteksi petir konvensional dengan radius bola 20 m untuk arus petir 3 kA telah didapatkan jumlah *finial* yang dibutuhkan adalah sebanyak 5 buah dengan tinggi 2m.
5. Material yang dipakai pada terminasi udara, konduktor penyalur, maupun terminasi bumi adalah tembaga dengan luas penampang 35 mm².
6. Tahanan tanah pada lokasi Masjid Raya Mujahidin cukup rendah yaitu berkisar 0,6 – 1,2 (Ohm), hal ini memudahkan petir untuk cepat masuk ke bumi.
7. Titik sistem pentanahan (*grounding system*) yang direncanakan adalah sebanyak 5 titik pembumian yang tersebar di sekeliling bangunan Masjid, dengan tujuan agar arus petir masuk ke dalam bumi bisa berlangsung dengan cepat.

5.2 Saran

1. Pemasangan konduktor penyalur (*down conductor*) sebaiknya dipasang pada ketinggian tertentu.
2. Dalam melakukan pengukuran resistansi sebaiknya dilakukan secara berkala.

3. Proteksi petir yang digunakan sebaiknya menggunakan proteksi petir konvensional.
4. Untuk peneliti berikutnya, sebaiknya melakukan optimisasi proteksi gedung terhadap petir.

6. Daftar Pustaka

1. IEC 62305-1. *International Standard, Protection Against Lightning-Part 1 : General Principles*, Edition 2.0, 2010-12
2. Ismail. 2002. *Studi Perlindungan Kawat Tanah Pada Gardu Induk Terhadap Sambaran Petir Langsung Dengan Metode Rolling Sphere*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura.
3. T. Alif Kurniawan dan A. Bambang S. 2008. *Sistem Proteksi Internal dan Eksternal*. Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.
4. Soli Akbar Hutagaol. 2009. *Studi Tentang Sistem Penangkal Petir Pada BTS (Base Transceiver Station)*. Skripsi. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik. Universitas Sumatra Utara.
5. Hutaaruk, T.S. 1991. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Erlangga. Jakarta.
6. SNI 03-7015-2004. 2004. *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
7. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Kristen Petra (<http://puslit.petra.ac.id/journals/electrical/>)
8. Supannur Bandri, 2012. *Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariman)*. Jurusan Teknik
9. Elektro. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Padang.
10. [Id.wikipedia.org/wiki/Petir](http://id.wikipedia.org/wiki/Petir)
11. www.electrical-knowhow.com
12. www.zonapetir.com/petir/atikel-penangkap-petir.html